

Modelo de ahorro de energía en refrigeración

Aplicable a edificios del sector terciario: viviendas, administración, oficinas, comercios, educación y salud.

Parte 2

Procedimiento de cálculo y valores admisibles. Caso viviendas.

Autor:

Jorge Daniel Czajkowski

Profesor Titular Instalaciones

Investigador CONICET

Proyecto de Investigación: Modelización ambiental edilicia -MAE. La transferencia como problema en la interacción Investigación-Medio. Director: Arq. Jorge Czajkowski (UNLP – Universidad Nacional de La Plata). Proyecto Acreditado UNLP 11/U059, 2002/04.

IDEHAB - Instituto de Estudios del Hábitat

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Nacional de La Plata

La Plata, 2004

Índice

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	4
3	DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA	4
4	CONDICIONES GENERALES	5
5	REQUISITOS	7
6	Proceso de cálculo	
7	Procedimientos para el cálculo de la carga térmica verano	9
8	Procedimiento para la obtención del coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas en refrigeración. GR adm Caso: Viviendas unifamiliares	12
Anexo A	Ejemplos de aplicación	13
Anexo B	Planillas de Cálculo	21
Anexo C	Ejemplos	25
Anexo D	Valores admisibles de Gref y Qref	32
Anexo E	Bibliografía	35

Modelo de Ahorro de energía en refrigeración

Parte 2: Procedimiento de cálculo y valores admisibles. Caso viviendas.

1 INTRODUCCIÓN

El control de los efectos del clima en los locales de un edificio para habitación humana está influenciado principalmente por una adecuada selección de los materiales empleados en la construcción, por su combinación según criterios de máxima funcionalidad, por el óptimo diseño de espacios, vanos y orientaciones en los cuales las protecciones solares tienen un rol preponderante.

El cumplimiento de las transmitancias térmicas máximas admisibles de los elementos de cerramiento de un local puede no ser suficiente para controlar las ganancias de calor totales del conjunto. De ahí la necesidad de definir un parámetro global que pondere todos los elementos que intervienen en el proceso.

Una vez fijados los valores de Q_{REFadm} y/o de G_{REFadm} , hay muchas formas de satisfacerlo: se puede aumentar la resistencia térmica de muros, techos o vidrios así como actuar sobre la forma del edificio y sus locales, se pueden diseñar protecciones solares adecuadas, se pueden sectorizar las cargas internas por ocupación, se puede mejorar el sistema de iluminación ahorrando energía eléctrica y reduciendo las ganancias de calor, entre otras medidas. Todas estas modificaciones son posibles siempre que no se transgreda el cumplimiento de las condiciones de confort no contempladas en esta norma.

Respecto de la forma de un edificio y sus locales, es importante destacar que aunque dos construcciones sigan idénticas normas de ahorro y uso racional de energía en todos sus elementos, las ganancias de calor globales serán distintas en la medida que difieran en la forma. La mayor compacidad del edificio disminuye las pérdidas y ganancias de calor. Siendo una variable importante la minimización del volumen interior a refrigerar.

Es por esto que el concepto de aislamiento térmico, desde el punto de vista de condiciones de habitabilidad y consumo de energía, incluye no sólo la obtención de una mejor calidad de aislación térmica de la envolvente, sino además la adecuada selección de la orientación, de la forma y de las protecciones solares.

Es importante discriminar las ganancias de calor para sintetizar el cálculo y obtener información comparativa que nos facilite la toma de decisiones sobre donde en cada proyecto es posible obtener un mayor ahorro con el menor sobre costo de construcción posible.

Reconocer que para cada tipo de edificio y local a refrigerar el ítem de mayor peso en la carga térmica total varía. Así en un edificio de oficinas con su envolvente vertical vidriada es probable que entre el 60 y 70% de la carga térmica se deba a la ganancia solar; en un local muy habitado caso pub o confitería bailable la mayor carga térmica será por ocupación. Esto justifica un detallado análisis de las ganancias discriminadas de calor.

2 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

2.1. Esta norma establece el procedimiento para determinar la carga térmica de refrigeración, utilizada en los métodos de cálculo para el ahorro de energía en refrigeración.

2.1 Esta norma establece el método de cálculo del coeficiente volumétrico de refrigeración (G_{REF}), el cual permite evaluar el ahorro de energía en refrigeración de edificios.

2.2 Esta norma es aplicable a edificios refrigerados con subsuelos, si los hubiere, no refrigerados, que cumplen conjuntamente con las normas IRAM 11605 e IRAM 11604.

2.4 Esta norma es de aplicación en las zonas bioambientales I, II, III y IV, discriminadas por sus TEC y Grados día, en las que se ha clasificado la República Argentina, establecidas en la norma IRAM 11603 así como en todas aquellas localidades de otras zonas donde se superan los 28°C de TDMX, o donde se ha previsto la instalación de un sistema de aire acondicionado.

3 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones, las cuales, mediante su cita en el texto, se transforman en disposiciones válidas para la aplicación de la presente norma IRAM. Las ediciones indicadas son las vigentes en el momento de su publicación. Todo documento es susceptible de ser revisado y las partes que realicen acuerdos basados en esta norma se deben esforzar para buscar la posibilidad de aplicar sus ediciones más recientes.

Los organismos internacionales de normalización y el IRAM mantienen registros actualizados de sus normas.

IRAM 31-4:1999 - Magnitudes, unidades y sus símbolos. Parte 4: Termodinámica.

IRAM 11549:2002 - Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario.

IRAM 11603:1996 - Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.

IRAM 11604:2001-02 - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites.

IRAM 11605:1996 (Mod. N°1 02/06) (Fé de Erratas 04/06) - Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

IRAM 11659-1:2004 - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración.

4 CONDICIONES GENERALES

4.1 Evaluación.

4.1.1 La evaluación de un edificio o local a los efectos del ahorro energético, se efectuará en función de un parámetro denominado coeficiente volumétrico de refrigeración (G_{REF}). Esta evaluación comprenderá una triple verificación:

- a) Del local refrigerado.
- b) Del edificio refrigerado en conjunto, del cual forma parte el local.
- c) La Carga térmica admisible Q_{REFadm} en refrigeración por tipo de edificio y/o uso de local.

4.1.2 El coeficiente G_{REF} tiene en cuenta las ganancias de calor a través de los cerramientos que componen la envolvente (opacos, no opacos y en contacto con el terreno), las ganancias por renovación de aire de los locales, las ganancias debidas al sol, las ganancias por intensidad y tipo de ocupación del local o edificio.

4.1.3 El valor de dicho parámetro no debe exceder los valores máximos admisibles G_{REF} y Q_{REF} fijados en esta norma, para dar cumplimiento con el ahorro energético requerido.

4.2 Condiciones térmicas.

4.2.1 En el período estival, la temperatura y humedad relativa de diseño en el interior de locales que posean características de uso similar, se considerarán integrados directamente a los efectos del balance y será la indicada en la Tabla 2 IRAM 11659-1, medida en el centro del recinto a 1,50 m de altura.

Nota: La condición higrotérmica establecida en la Tabla 2 IRAM 11659-1 se conseguirá por medio de sistemas de refrigeración individuales, semi centralizados o centralizados.

4.2.2 La norma IRAM 11603 indica las temperaturas de diseño TDMX para condición de verano.

4.2.3. La humedad relativa correspondiente a a dicha TDMX se obtendrá mediante el diagrama psicrométrico de la IRAM 11659 utilizando como referencia las condiciones higrotérmicas medias de la localidad establecidas en IRAM 11603 y suponiendo la humedad absoluta W constante.

4.2.4. Para la selección de la radiación solar se utilizarán la Tabla 10 IRAM 11659-1, optando por el valor correspondiente a las 13hs como caso general salvo que la superficie vidriada de mayor importancia se encuentre entre los cuadrantes SE-NE o NO-SO en cuyo caso es conveniente la realización de un segundo balance térmico optando por el caso más desfavorable. Elegida una hora para la realización del cálculo se la utilizará para todas las orientaciones. Si se utilizará un programa de computadora para el cálculo debe seguir el procedimiento consignado en el Anexo A IRAM 11659-1 y verificando que los valores que resulten de su aplicación no difieran en +/- 10% lo consignado en Tablas 9 y 10 IRAM 11659-1.

4.2.5. Para la elección del Factor de protección solar de la envolvente vidriada se utilizará la Tabla 1.

4.2.6. Para conocer el número de personas C_{PERS} que se encuentra en un local pueden utilizarse valores de proyecto mientras no sean inferiores a lo establecido en la Tabla 6 IRAM 1659-1.

4.2.7. La emisión de calor sensible, latente y total de personas E_{PERS} según tipo de actividad están establecidas en la Tabla 13 IRAM 1659-1.

4.2.8. La emisión de calor del sistema de iluminación artificial E_{ILUM} está establecido en las Tablas 4 y 5 IRAM 1659-1.

4.2.9. La emisión de calor sensible y latente del equipamiento E_{EQUIP} está establecido en la Tabla 7 IRAM 1659-1.

4.2.10. La cantidad de aire recomendada para ventilación y renovación del aire $C_{AIRE/P}$ en locales tipo, según intensidad de actividad se encuentran establecidos en la Tabla 8 IRAM 11659-1.

4.3 Envolvente.

4.3.1 Locales de subsuelo y locales no refrigerados externos: La envolvente del edificio o local refrigerado excluirá a los locales de subsuelo y podrá incluir o no a los locales no refrigerados externos, de acuerdo con el criterio del proyectista. En todos los casos el volumen a utilizar en el cálculo será el encerrado por la envolvente interior.

4.3.2 Locales de edificios contiguos a la envolvente: A los efectos del cálculo del coeficiente G_{REF} del local refrigerado, los locales contiguos a la envolvente, serán considerados en todos los casos, ya sean refrigerados o no, como locales no refrigerados. Se tomará en estos casos como temperatura de referencia la media aritmética entre la T_{DMX} y la temperatura de diseño interior T_{DI} , según apartados 4.2.1 y 4.2.2. Mismo procedimiento se utilizará para locales que posean ático, cielorraso bajo o pleno de instalaciones en contacto con el exterior. En el caso de pleno de instalaciones con sistema de iluminación embutido se incrementará la temperatura resultante en un 50%.

4.3.3 Los valores de transmitancia térmica de ventanas y paños vidriados se consignan en Tabla 10 IRAM 11601. No se considera el uso de carpinterías con vidrios simples en las zonas I, II y III cuando el edificio o local refrigerado posea $FPS > 0,6$ y la relación vidriado / opaco de cerramientos verticales sea $> 0,5$. Toda superficie vidriada en techo (lucernario, lucarna, etc) deberá evitar el ingreso de radiación solar directa al local refrigerado. Se recomienda control de la radiación difusa I_d .

4.3.4. NOTA a Subcomisión IRAM: Sobre el efecto de la inercia térmica en la envolvente interior y la ganancia de calor por superficies opacas debe consensuarse un procedimiento por los miembros de la Subcomisión IRAM ya que hay demasiada disparidad entre autores. En el debate debe tenerse en cuenta que la implementación del Nivel B IRAM 11605 implica una baja

incidencia de calor adicional por efecto solar, es difícil establecer un valor de absorptancia del cerramiento exterior ¿0,5? y el aislante liviano tenderá a cortar la migración de calor por efecto solar. Por otra parte ¿en que condiciones es significativo el efecto de la masa térmica interior en un balance en estado estacionario como el implementado en esta norma?

5 REQUISITOS

5.1 Disposiciones generales.

5.1.1 Los valores máximos admisibles establecidos para el coeficiente volumétrico de refrigeración admisible (G_{REFadm}), limitarán las ganancias de calor por unidad de volumen del edificio o local refrigerado para mantener un determinado nivel de ahorro y uso racional de energía.

5.1.2 A los efectos del cumplimiento de la presente norma, se ha fijado como valor máximo admisible de G para edificios de usos tipo, el obtenido del gráfico de la figura para la TDMX correspondiente a la localidad de emplazamiento del edificio proyectado, o a la más próxima. En este último caso, deberán realizarse las correcciones aplicables por diferente altura sobre el nivel del mar (ASNM), a razón de $1,5^{\circ}\text{C}$ por cada 100 m de diferencia en ASNM. El proyectista y/o calculista podrá aumentar la TDMX con justificación fehaciente, pero no reducirla.

5.2 Valores máximos admisibles y de cálculo.

5.2.1 Con el volumen del proyecto de la vivienda calefaccionada y por medio de la curva de TDMX que corresponda (se interpolará), se obtiene el valor máximo admisible del coeficiente volumétrico de refrigeración (G_{REFadm}).

5.2.2 Con el procedimiento establecido en el ANEXO A, se calculará la *Carga térmica en refrigeración* Q_{REF} y posteriormente el coeficiente volumétrico de refrigeración (G_{REF}) del proyecto del edificio o local refrigerado, debiendo cumplirse con la condición siguiente:

$$G_{REF} < G_{REFadm}$$

6. PROCESO DE CÁLCULO

En el proceso de cálculo de ganancias de calor a un local se utilizará el Sistema Internacional de Unidades (SI). Dado que es usual el uso de la Kcal/h, la frig/h y el BTU se convertirán todo a W. Para esto en las planillas de cálculo adjuntas se prevé un casillero para el coeficiente de conversión de unidades. Para la Carga total en refrigeración Q_{REF} se utilizará la tonelada de refrigeración TR.

6.2. Instrucciones a seguir.

6.2.1. La estimación de la carga de refrigeración lograda con este procedimiento es apropiada para lograr condiciones de confort mediante acondicionadores de aire, siempre y cuando en el recinto acondicionado no se requieran condiciones especiales y particulares de temperatura y humedad.

6.2.2. El cálculo realizado con este procedimiento se basa en considerar una temperatura exterior no superior a 35°C en el termómetro seco y 50 por 100 de humedad relativa del aire. Para ser

usado en localidades cuya temperatura sea superior a la indicada se aplicará el factor de corrección indicado en la Tabla 2 IRAM 11659-1, de acuerdo al nivel de confort deseado.

6.2.3. Multiplicar los metros cuadrados de superficie de ventanas, en cada una de las orientaciones, por el factor correspondiente. Como superficie de ventana se tomará la correspondiente al hueco de la pared donde esté instalada. Para ventanas no expuestas directamente al sol, bien por estar a la sombra, bien por estar protegidas por toldos o marquesinas exteriores, bien por tener toldos al exterior o visillos en el interior, úsese el factor "Toldos al exterior". En el factor "Cristal único", se incluyen todos los tipos de ventanas provistas de un solo vidrio, y en el de "Doble cristal", se incluyen aquellas que provistas de dos cristales dejan entre ambos una pequeña cámara de aire; también se incluyen en este tipo las formadas por losetas de vidrio.

6.2.4. Multiplicar los metros cuadrados de superficie de todas las ventanas de la habitación o recinto por el factor correspondiente.

6.2.5. Las puertas deberán considerarse como si fueran parte de la pared. Cada cerramiento vertical sea opaco o vidriado se lo considerará a los efectos del cálculo por separado según orientación y podrán agruparse en un ítem los de la misma orientación y transmitancia térmica K. Las paredes que estén permanentemente a la sombra por hallarse protegidas por otros edificios, se considerarán como paredes expuestas al sol. Los árboles y demás arbustos no se consideran como agentes productores de sombras permanentes. Si las paredes corresponden a locales acondicionados, no se considera este apartado. Una pared sin aislamiento, esté construida de albañilería o H^oA^o, de menos de 20 centímetros de espesor, se considera a los efectos del cálculo como "Construcción ligera". Una pared aislada de más de 20 centímetros de espesor, se considera como "Construcción pesada".

6.2.6. Multiplicar el total de metros cuadrados de techo por el factor dado para cada tipo de construcción. Si el piso o techo corresponden a locales acondicionados, no se considera este apartado.

6.2.7. Multiplicar los metros cuadrados de suelo por el factor dado. Omitir este apartado si el suelo está directamente sobre terreno.

6.2.8. Multiplicar el número de personas que normalmente van a ocupar el recinto acondicionado por el factor dado. Como mínimo hay que considerar dos personas.

6.2.9. Determinar en vatios la potencia total emitida por la iluminación y equipo eléctrico restante que haya en el recinto acondicionado. No debe tenerse en cuenta la potencia emitida por el acondicionador que se va a instalar. Multiplicar el número total de vatios por el factor dado.

6.2.10. Multiplicar el ancho total (metros lineales) de puertas o arcos que, estando continuamente abiertos, comunican el recinto acondicionado con el que está sin acondicionar por el factor dado.

NOTA: Cuando el ancho total (metros lineales de puertas o arcos) es superior a 1,5 metros, la carga real de calor puede exceder del valor calculado. En este caso, ambos espacios comunicados por puertas ó arcos en cuestión deberán considerarse como un solo local, y habrá que calcular la capacidad de refrigeración necesaria teniendo en cuenta las nuevas dimensiones.

6.2.11. Sumar los ocho apartados anteriores.

7. Procedimientos para el cálculo de la carga térmica verano

Durante el período de verano el local en análisis recibe calor por diversas fuentes que el equipo de refrigeración deberá extraer a fin de reducir la temperatura interior y mantenerlo en confort higrotérmico.

De esta forma y dado que el ambiente exterior está a mayor temperatura que los requerimientos de confort interior el flujo de calor que en invierno era de adentro hacia afuera ahora pasa a ser de afuera hacia adentro.

Así tendremos que por paredes, techos y vidriados el calor exterior aportará calor al interior elevando la temperatura. Además el sol aportará calor por radiación de forma directa en las superficies vidriadas y de forma indirecta en cerramientos opacos.

También el aire exterior más caliente hará su aporte y que sumado al calor por ocupación nos dará la cantidad total de calor a extraer del local. La parte de aportes debidos a ocupación puede no ser importante en caso de una vivienda y si en caso de un local bailable.

Esto debido a que tendremos la suma del calor de cada persona variable con la actividad que realiza, más los aportes de calor del sistema de iluminación, más el calor aportado por aparatos de diverso tipo. En síntesis vemos que la situación de verano es de mayor complejidad que la situación de invierno.

Como vimos en *psicrometría* el calor debe computarse por la forma en que se manifiesta en *calor sensible* y *calor latente*. Siendo calor sensible el que al penetrar en el local genera un aumento en la temperatura del mismo y calor latente es el que aporta el vapor de agua de la mezcla de aire pero que no genera una elevación en la temperatura del local.

Así todas las fuentes mencionadas aportan calor sensible pero solo parte de ellas generan aporte de calor latente. Las fuentes de calor latente son las personas (respiración + transpiración), el aire exterior, vegetación, equipos para cocción o calentamiento de agua (cafeteras, calentadores, cocinas a gas, etc), otros.

A1.1 Cálculo del coeficiente volumétrico de refrigeración (G_{REF}).

El valor del coeficiente volumétrico de refrigeración del edificio o local refrigerado, se calcula con la fórmula siguiente:

$$G_{REF} = \frac{Q_T}{V} = \frac{Q_C + Q_S + Q_O + Q_A}{V}$$

Donde:

Q_T : Carga total en refrigeración

V : Volumen refrigerado en m^3

Q_C : Carga térmica por conducción

Q_s : Carga térmica solar

Q_o : Carga térmica por ocupación

Q_A : Carga térmica por ventilación

A1.2. La ecuación general de balance térmico de verano es la siguiente:

$$Q_T = Q_c + Q_a + Q_s + Q_o$$

Donde:

Q_T = Cantidad de calor total aportado al local analizado

Q_c = Cantidad de calor aportado por conducción a través de la envolvente del local

Q_a = Cantidad de calor aportado por el aire exterior

Q_s = Cantidad de calor aportado al local por el sol

Q_o = Cantidad de calor aportado por ocupación (personas + equipamiento + iluminación)

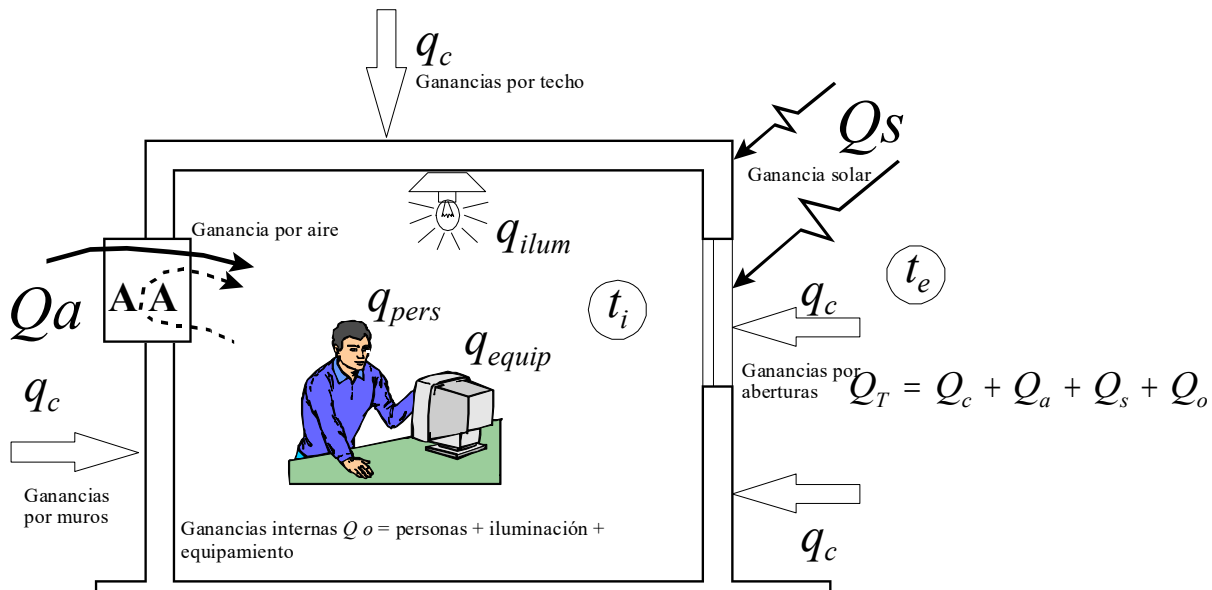


Figura 1: Ganancia de calor en un local en verano

A1.2.1. Ganancias por Conducción Q_c : tendremos que la ganancia de calor por conducción parcial q_c a través de la envolvente del local será:

$$q_c = K A (t_e - t_i)$$

Donde:

K = Transmitancia térmica del cerramiento (muro, techo, piso, ventana, etc) en (kcal/m².h.°C o W/m².K). Donde la equivalencia es la siguiente:

1 kcal/m².h.°C = 1,16 W/m².K ó 1 W/m².K = 0,86 kcal/m².h.°C.

Nota: para conocer valores de K en cerramientos puede consultarse el TP01 de Nivel 2 o en el TP04 de Nivel 1 encontrarán ejemplos y el procedimiento completo para calcular o mejorar el K de un cerramiento opaco cualquiera (según Normas IRAM 11601 y 11605).

A = Superficie del cerramiento en m²

t_e = Temperatura exterior de diseño en °C (Ver Tabla 10)

t_i = Temperatura interior en °C (Ver Tablas 2 y 3)

Tendremos así que la sumatoria de todas las pérdidas parciales q_c por conducción a través de la envolvente nos dará las pérdidas totales por conducción Q_c , según la siguiente ecuación:

$$Q_c = \sum q_c$$

A1.2.2. Ganancia por aire exterior Q_A : Este caso es bastante particular ya que en verano se supone al edificio “cerrado” para reducir pérdidas y ahorrar energía. Esto implica que es necesario ventilar una parte o la totalidad del aire interior, así tendremos que introducir al ambiente interior una importante masa de aire caliente y húmeda que el equipo de aire debe acondicionar. Este aire de renovación y recirculado contiene humos, partículas en suspensión y olores que son necesario eliminar. Podríamos entonces decir que el aire nuevo que ingresa como ventilación, debe ser igual al que sale o extrae el equipo de aire acondicionado.

Este aire introducido crea una sobrepresión interior en los locales que reduce significativamente el ingreso de aire exterior por infiltración por rendijas y paños móviles de puertas y ventanas. Así podríamos decir que cuando un local posee un sistema de aire acondicionado el aire fluye de adentro hacia afuera y el aire ingresado para ventilación es filtrado, deshumectado y enfriado hasta alcanzar el estándar requerido.

$$Q_A = CAR \times (0,29 \times \Delta t + 0,72 \times \Delta w)$$

Donde:

CAR : Cantidad de aire a renovar en m³/h.pers

CAR = cantidad personas x caudal aire/persona
Cantidad personas ver 4.2.7

Caudal aire persona ver 4.2.10

Δt : diferencia entre temperatura exterior y temperatura interior

Δw : diferencia entre la humedad específica exterior e interior en g/kg

$$Q_{LAext} = 42.C_a (h_{e_e} - h_{e_i})$$

A1.2.3. Ganancia Solar – Q_s : Cuando existen superficies vidriadas en el local una parte de los aportes se deberá a la radiación del sol que al atravesar el cristal ingresa al local calentándolo. La radiación del sol varía con cada hora del día solar y también a lo largo de los meses del año. La expresión general para el cálculo de la carga debida al sol es:

$$Q_s = S \times I_s \times F_{PS}$$

Donde:

Q_s = ganancia solar (W).

S = superficie vidriada (m²).

I_s = Intensidad de la radiación solar en W/m² (Ver 4.2.4).

F_{PS} = Factor de protección solar del vidrio o la carpintería (Ver 4.2.5)

A1.2.4. Ganancia por Ocupación – Q_o : En verano el aporte interno no es despreciable y en el caso de una oficina puede llegar a representar el 35 % de la carga total, siendo la suma del calor total por personas, más el calor sensible de la iluminación artificial, más el calor sensible de los artefactos de oficina (computadoras, impresoras, fotocopadoras, etc). En su cálculo usaremos la siguiente expresión:

$$Q_o = Q_{PERS} + Q_{ILUM} + Q_{EQUIP}$$

Donde:

Q_O : ganancia de calor interno por ocupación (W).

Q_{PERS} : ganancia de calor interno por personas; sensible + latente (W). Ver 4.2.7.

Q_{ILUM} : ganancia de calor interno por iluminación; sensible (W). Ver 4.2.8.

Q_{EQUIP} : ganancia de calor interno por equipamiento; sensible + latente (W). Ver 4.2.9.

Otras ganancias internas de calor sensible: Existen otros aportes internos debidos a los conductos de de inyección y retorno de aire acondicionado. Es usual que estos se establezcan como un valor estimado porcentual. La siguiente tabla muestra algunos valores usuales.

Ganancias de calor como % del calor sensible por conducción y aporte solar.	% calor sensible a agregar	
	Sin aislar	Aislado con 50 mm lana mineral
Tendidos largos de 30 a 100 m en áticos a 35°, que transportan de 18 a 180 m ³ /min a velocidades de 250 a 500 m/min.	10 – 15	4 – 5
IDEM anterior en ambientes hasta 55°C	25 – 30	7 – 10
IDEM para tendidos cortos de 15 a 30m.	5 – 10	2 – 4
IDEM tendidos cortos en ambientes hasta 55°C	10 – 25	3 – 7

Tabla: Ganancia de calor por conductos.

Existe otra penalización a agregar debida a la calidad en la construcción de los conductos de distribución y retorno y que en general se establece en 4 a 10% de la suma de calor sensible debida a conducción y efecto solar.

8. Procedimiento para la obtención del coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas en refrigeración. G_R adm Caso: Viviendas unifamiliares

1. Introducción:

El trabajo llevado adelante para la definición de valores admisibles de pérdidas globales en calefacción (IRAM 11604) mostró la necesidad de trabajar con simplificaciones, variables continuas y constantes. En aquel caso no solamente el problema era más sencillo sino que había mucho menos variables en juego.

Al tratar de seguir un modelo semejante para el problema del ahorro en energía en refrigeración veremos que es necesario proponer “constantes” en variables que son continuas o discretas y esta “arbitrariedad” redundará en un modelo simple y en principio claro.

2. El modelo edilicio:

Dado que se obtendrá un valor de G_R adm en relación al volumen refrigerado se propone este último como punto de partida e un rango que va desde una habitación de 10m² hasta una gran vivienda de 1000 m². Se usa la altura de local mínima según Códigos de Edificación de 2,70 m. Esto implica un volumen creciente a altura constante. (ver figura 1). A partir de la figura geométrica generada se obtienen las superficies de la envolvente discriminadas (muros y techo).

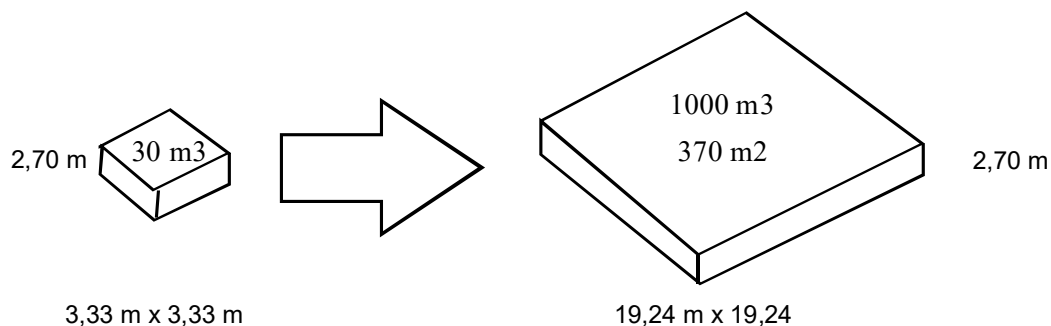


Figura 1: Modelo adoptado de volumen creciente.

Otro problema es definir las características y distribución por orientaciones de las superficies vidriadas. Esto es importante ya que mientras en el modelo de ahorro de energía en calefacción la IRAM 11604 no tiene en cuenta el aporte solar en refrigeración esto no puede ignorarse.

Ahora bien. ¿Tomamos un % de superficie vidriada y la distribuimos de manera homogénea en su envolvente vertical? ¿Usamos algún otro criterio?

Bien... este modelo propone la adopción de un 30% de la superficie envolvente sea vidriada y el 70% restante opaca. Desde ya esto irá variando cuando se propongan los valores admisibles para otros usos y tipos edificios (viviendas multifamiliares, oficinas, comercios, bancos, cultura, etc).

Se adopta un modelo de distribución de los vidriados por orientación con un criterio bioclimático según se establece en la Norma IRAM 11603 inciso 6.2 cuando trata sobre asoleamiento de invierno, requisitos de verificación, orientaciones que permiten obtener un asoleamiento mínimo y recomendaciones sobre protecciones solares.

	Relación vidriado / opaco	
	Sobre total envolvente	Sobre el 30% vidriado
Horizontal	0,02	0,006
Norte	0,50	0,150
Sur	0,08	0,024
Este	0,20	0,060
Oeste	0,20	0,060
Total	1,00	0,300

Tabla 1: Distribución de áreas vidriadas

3. Calidad térmica de la envolvente

Se adopta el nivel "B" establecido en la IRAM 11605 para muros y techos y doble vidriado hermético (DVH) en carpinterías para todas las zonas del país.

4. Sobre referencia climática

El grupo de Normas IRAM 11.6xx usan varios criterios diferentes para adoptar un valor de referencia climática del sitio donde se implantará el edificio. Así se utiliza la zona bioambiental, la temperatura mínima de diseño, los grados día de calefacción. Para la situación de verano puede utilizarse la temperatura de diseño máxima de la IRAM 11603 o los grados día de enfriamiento que están en los antecedentes de dicha norma pero no se publicaron por razones varias. Utilizar

los grados días de enfriamiento implica que debe modificarse la Norma IRAM 11603.

De cualquier manera se hizo un análisis comparativo del antecedente respecto de las necesidades de refrigeración en el territorio nacional y se concluye que hay un rango que va de los 100 °D_R en el norte de la Patagonia a los 1000 °D_R en la zona chaqueño-formoseña. Esto implica un rango de temperaturas de diseño máximas que va de los 30°C a 40°C.

Mientras los grados día de enfriamiento aparecen como un indicador muy útil en la determinación de la carga térmica anual en refrigeración con fines de economía y gestión ambiental de la energía no es así en cuanto a verificar la calidad térmica y diseño ambiental de la envolvente; aunque estén relacionados.

Por esto y debido a que es habitual para los especialistas y técnicos de refrigeración usar la temperatura de diseño exterior se opta por esta.

5. Radiación solar:

La radiación solar es una componente significativa en la carga térmica de un local o edificio y no es sencillo encontrar una correlación de fácil implementación ya que en nuestro país a temperaturas estivales similares tenemos variaciones por latitud, altitud o amplitud térmica de cada sitio. Para obtener un modelo sencillo que se refleje en un solo gráfico o tabla de valores admisibles es necesario adoptar algún criterio para cuando menos en un primer esquema hacer constante la radiación solar.

Esto no implica que pueda discutirse o proponerse otro criterio.

Así analizando los valores de radiación solar establecidos en la IRAM 11659-1 se buscó un criterio que pondere la radiación solar incidente en cada cara del edificio y a su vez contemple la variación en latitud y longitud. Otro problema es en qué hora del día hacer la verificación que fue un tema bastante debatido en la Subcomisión de Aislamiento Térmico de Edificios.

Para este modelo se adoptan los siguientes valores para las 13hs:

Plano horizontal 800 W/m²; Norte 380 W/m²; Sur 270 W/m²; Este 270 W/m²; y 360 Oeste W/m².

Se adopta un factor de protección solar de 0,5 que implica la utilización de algún sistema o mecanismo que permita reducir a la mitad la carga solar sobre las áreas vidriadas. Es un valor bastante conservador ya que puede alcanzarse con filtros solares tipo film, cortinas venecianas, cortinas de enrollar o tipo Barrios o parasoles.

El modelo no tiene en cuenta el aporte de calor por conducción en la envolvente opaca ya que presupone la presencia de un aislamiento térmico que minimice dicho aporte. No se realizó un análisis exhaustivo sobre este punto.

6. Carga térmica por iluminación artificial

Se adoptó lo consensuado en la Subcomisión donde el 50% de las necesidades en iluminación se cubrirían con lámparas incandescentes (25 W/m²) y el resto con fluorescente (10 W/m²) con un factor de uso de 0,5. Los coeficientes de iluminación en W/m² se obtienen de la Norma IRAM 11659-1 para 250 lux.

7. Carga térmica por ocupación de personas y equipamiento:

En el caso de la carga por personas se adoptó una densidad de 12 m²/persona con trabajo liviano (Norma IRAM 11659-1) y 99 W/persona de calor total (sensible + latente).

El tema del equipamiento es un tema de debate ya que no se encontraron un coeficiente o rango

de valores por tipo de edificio y nivel de ocupación e intensidad de uso. Por otra parte está la cuestión de definir si locales como la cocina entran o no en el análisis y con qué características de utilización.

Finalmente se adoptó un coeficiente de $16,4 \text{ W/m}^2$ de calor sensible y $2,12 \text{ W/m}^2$ en calor latente que da $18,52 \text{ W/m}^2$ de calor total. Esto contempla las emisiones de una heladera, una hornalla mediana, un televisor, una computadora, entre otros en un análisis diario contemplando un factor de uso medio a partir de información obtenida en auditorías ambientales en viviendas de clase media a media alta. Luego se obtiene un valor medio por m^2 .

Para la carga de calor total por renovaciones de aire se usa un coeficiente de $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{persona}$.

8. Conclusión:

Un análisis comparativo superficial de los valores admisibles que para algunos parecerán excesivos para otros será bastante permisible.

Por ejemplo: la vivienda en dúplex del ejemplo tiene un G_R de proyecto igual a $53,8 \text{ W/m}^3$ y el valor admisible para una vivienda en la ciudad de Posadas de 328 m^3 refrigerados $77,3 \text{ W/m}^3$.

Hay varios factores que generan esta situación y es necesario debatir y consensuar para llegar a valores admisibles adecuados.

Arq. Jorge Daniel Czajkowski
Profesor Titular Instalaciones I-II
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP
Investigador Adjunto CONICET

ANEXO A: EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Caso 1: Vivienda unifamiliar en Posadas que fue modificado para que cumpla el Gr adm.

DESTINO	Vivienda unifamiliar	
Localidad	Posadas Mnes	
Zona Bioambiental	Ib	
Provincia	Misiones	
ASNM		
Longitud	10,5	m
Ancho	6	m
Altura	2,6	m
Niveles	2	
Superficie	126	m ²
Volumen	328	m ³
W interior	10	g/kg
W exterior	14,8	g/kg
Delta W	4,8	g/kg
Temperatura aire interior	25	°C
Humedad interior	50	%
Temperatura aire exterior	35,6	°C
Humedad exterior	40	%
Diferencia de Temperatura	10,6	°C
Entalpia aire exterior	17,9	Kcal/kg
Entalpia aire interior	12	Kcal/kg
Diferencia de Entalpia	5,9	Kcal/kg
Coeficiente K de s/vidrio	3,5	W/m ² .K
Coeficiente K de d/vidrio	5,8	W/m ² .K
Factor de proteccion solar	0,5	
Radiacion Solar (13 hs)		
Horizontal	800	W/m ²
Norte	380	W/m ²
Sur	270	W/m ²
Este	270	W/m ²
Oeste	360	W/m ²

Obs: Valor medio constante para todo el pais.

N°	Designación y material	Espesor m	Peso kg	R m ² .K/W	K W/m ² .K
1	T1 Muro ladrillo cerámico hueco revocado ambas caras	0,20	130,00	0,54	1,85
2	T2 Muro ladrillo cerámico hueco revocado ambas caras	0,20	130,00	0,54	1,85
3	T3 Techo chapa, sin aisl, entablonado madera, atico, cielorr suspend roca yeso	---	42,20	0,64	1,56
4	V1 Marco aluminio linea herrero simple vidrio	---	---	0,17	5,80
5	V2 Marco aluminio linea herrero simple vidrio	---	---	0,17	5,80

6	V3	Marco aluminio linea herrero simple vidrio	---	---	0,17	5,80
7	V4	Marco aluminio linea herrero simple vidrio	---	---	0,17	5,80
8	P1	Puerta madera frente	---	---	0,22	4,50
9						
10						

GANANCIA POR CONDUCCIÓN - Qc						
N°	Designación y material	area total (m2)	K (W/m2.K)	Coeficiente	Diferencia de temperatura	qc (W)
1	T1	63	1,85	1	10,6	1237
2	T2	148	1,85	1	10,6	2905
3	T3	33	1,56	1	10,6	547
4	V1	3,6	5,80	1	10,6	221
5	V2	14	5,80	1	10,6	861
6	V3	2,4	5,80	1	10,6	148
7	V4	3,6	5,80	1	10,6	221
8	P1	3,6	4,50	1	10,6	172
9					10,6	
10					10,6	
GANANCIA DE CALOR TOTAL POR CONDUCCIÓN - Qc (i)						6311

GANANCIA SOLAR - Qs					
N°	Orientacion plano vidriado	superficie (m2)	Is (W/m2)	Fps	qs (W)
1	V1 x 1 Norte	1,2	312	0,94	352
2	V1 x 2 Este	2,4	276	0,94	623
3	V2 x 4 Norte	11,2	312	0,94	3285
4	V2 x 1 Sur	2,8	276	0,94	726
5	V3 x 2 Norte	0,96	312	0,94	282
6	V3 x 3 Sur	1,44	276	0,94	374
7	V4 x 4 Oeste	2,4	371	0,94	837
8	V4 x 2 Oeste	1,2	276	0,94	311
9	Claraboya en escalera	4,4	800	0,94	3309
10		28			
GANANCIA DE CALOR SOLAR Qs (ii)					10098
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO iii = i + ii					16409

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR SENSIBLE - Qo sensible					
N°	Calor interno (personas + iluminación + equipos)	Cantidad	Factor	Factor uso	qo (W)
1	Personas	7	47	1	329
2	Televisor	3	300	0,67	603
3	PC	2	300	0,5	300
4	Heladera	1	360	1	360

5	Anafe 4 hornallas		1	977	1	977
6	Horno		1	1326	1	1326
7	Equipo audio		1	150	1	150
8	Impresora		1	35	1	35
9	Iluminación artificial (incandescente 50%)		63	25	0,2	315
10	Iluminación artificial (fluorescente 50%)		63	10	0,2	126
Subtotal calor interno (iv)						4521
Ganancia de calor en conductos v = (iv + iii) x 0,04						837
TOTAL CALOR SENSIBLE INTERNO vi = v + iv						5358

CALOR SENSIBLE DEL AIRE EXTERIOR						
	cantidad de personas	caudal aire (m3/h/persona)	CAR (m3/h)	Coef (W/m3h)	Δt (°C)	qsens ext (W)
	7	30	210	0,34	10,6	757

CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE		W
CALOR SENSIBLE EXTERNO (iii)		16409
CALOR SENSIBLE INTERNO (vi)		5358
CALOR SENSIBLE DEL AIRE EXTERIOR (vii)		757
TOTAL DE CALOR SENSIBLE		22524

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR LATENTE - Qo latente				
N°	Calor interno (personas + iluminación + equipos)	Cantidad	Factor	qo L (W)
1	Personas	7	52	364
2	Anafe 4 hornallas	1	267	267
3	Horno	1	1326	1326
TOTAL CALOR LATENTE INTERNO (ix)				1957

CALOR LATENTE DEL AIRE EXTERIOR						
	cantidad de personas	caudal aire (m3/h/persona)	CAR (m3/h)	Coef (W/m3h)	Δw (g/kg)	qsens ext (W)
	7	30	210	0,84	4,8	847

CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE		W
CALOR LATENTE EXTERNO (ix)		847
CALOR LATENTE INTERNO (x)		1957

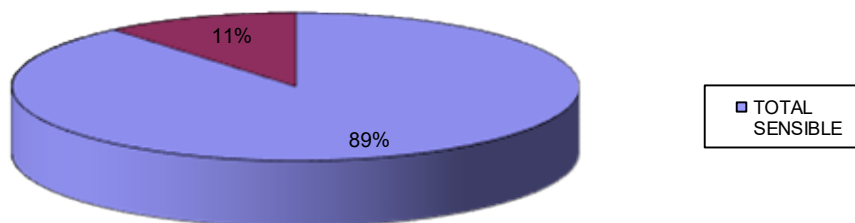
TOTAL DE CALOR LATENTE	2804
-------------------------------	-------------

CARGA TOTAL EN REFRIGERACIÓN (W)	
TOTAL SENSIBLE	22524,4
TOTAL LATENTE	2803,7
TOTAL	25328,1

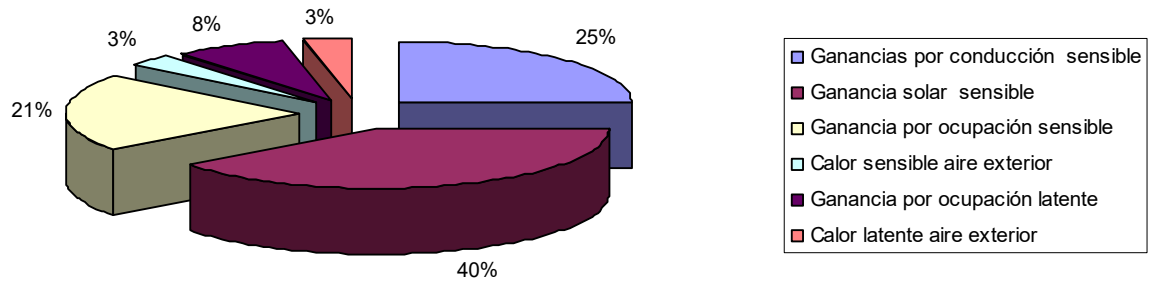
Coefficiente volumétrico en refrigeración GR		
Volumen total a refrigerar	328	m3
Superficie total a refrigerar	126	W/m3
GR	77,2	W/m3
GR adm	77,3	W/m3
Coefficiente Superficial	201,0	W/m2

Carga en refrigeración discriminada (W)		
Ganancias por conducción sensible	Qc s	6311
Ganancia solar sensible	Qs s	10098
Ganancia por ocupación sensible	Qo s	5358
Calor sensible aire exterior	Qe s	757
Ganancia por ocupación latente	Qo l	1957
Calor latente aire exterior	Qe l	847
Carga total en refrigeración	Qtotal	25328

CARGA TOTAL EN REFRIGERACIÓN (W)



Carga en refrigeración discriminada (W)



ANEXO B: PLANILLAS DE CÁLCULO

DATOS GENERALES DEL LOCAL				
Localidad			Zona bioambiental	
Provincia			ASNM en metros	
Longitud		m	Temperatura interior - TDi	°C
Ancho		m	Humedad interior - HRDi	%
Altura		m	Temperatura Exterior - TDMX	°C
Superficie		m ²	Humedad Interior - HRDe	%
Volumen		m ³	$\Delta t = (TDMX - TDi)$	°C
Humedad absoluta exterior - We		gr/Kg	Entalpía aire exterior - he	Kcal/Kg
Humedad absoluta interior - Wi		gr/Kg	Entalpía aire interior - hi	Kcal/Kg
$\Delta W = (We - Wi)$		gr/Kg	$\Delta h = (he - hi)$	Kcal/Kg

GANANCIAS POR CONDUCCIÓN - Q_c					
Nº	Designación y material	área total m ²	K W/m ² .K	Δt °C	q_c W
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GANANCIA DE CALOR TOTAL POR CONDUCCCIÓN $Q_c (i)$					

GANANCIA SOLAR - Q_s
Paredes y techos son despreciados frente a otras cargas mayores como las superficies vidriadas. I_s (W/m ²) es la irradiación solar sobre el plano. Fps es el factor de protección solar

GANANCIA SOLAR - Q_s					
Nº	Designación, material y orientación.	Sup. m ²	I_s W/m ²	F_{ps}	q_s W
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GANANCIA DE CALOR SOLAR Q_s (ii)					
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO iii = i + ii					

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR SENSIBLE - $Q_{o\text{sensible}}$				
Nº	Calor interno (personas + iluminación + equipos)	cantidad	Factor	q_o W
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
iv) Subtotal de calor interno				

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR SENSIBLE - $Q_{o\text{sensible}}$	
Ganancia de calor en conductos $v = iv \times 1,04$	
TOTAL DE CALOR SENSIBLE INTERNO $vi = v + iv$	

CAR= Cantidad personas x caudal aire [m^3/h /pers] = _____ personas x _____ $\text{m}^3/\text{h}/\text{pers}$ = _____ m^3/h	
vii) CALOR SENSIBLE DEL AIRE EXTERIOR= CAR x 0,29 x Δt CSAext = _____ m^3/h x 0,29 x _____ $^{\circ}\text{C}$ =	
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE	W
Calor Sensible Externo (iii)	
Calor Sensible Interno (vi)	
Calor Sensible del Aire exterior (vii)	
TOTAL = iii + vi + vii	

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR LATENTE - $Q_{o\text{latente}}$			
Nº	Calor interno (personas + equipos)	cantidad	Factor q_o W
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
TOTAL DE CALOR LATENTE INTERNO ix)			

x) CALOR LATENTE DEL AIRE EXTERIOR= CAR x 0,72 x Δh CLAext = _____ m^3/h x 0,72 x _____ Kcal/kg x 1,16 =	
---	--

x) CALOR LATENTE DEL AIRE EXTERIOR= CAR x 0,72 x Δh		
CLAext = _____ m ³ /h x 0,72 x _____ Kcal/kg x 1,16 =		
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE		W
Calor Latente Interno (ix)		
Calor Latente aire exterior (x)		
TOTAL xi = ix + x		

CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN		
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE		W
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE		W
TOTAL		W
TOTAL en Tn refrigeración = Total x 0,000284		Tn

Coefficiente volumétrico de refrigeración (G_{REF})		
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN		Tn
Volumen total a refrigerar		m ³
Coefficiente volumétrico de refrigeración G _{REF}		Tn/m ³
Coefficiente volumétrico admisible refrigeración G _{REFadm}		Tn/m ³

Ganancia calor	W	%	Posibilidad de reducción carga térmica
Calor sensible externo			
Calor sensible interno			
Calor sensible aire exterior			
Calor latente interno			
Calor latente externo			
TOTAL		100	

Con este cuadro síntesis puede revisarse el balance térmico para ver donde pueden aplicarse medidas de Ahorro de energía y URE tendentes a reducir las necesidades de refrigeración.

ANEXO C: Ejemplos

Caso 1: Vivienda unifamiliar

Se desarrolla a continuación un ejemplo de cálculo del Coeficiente volumétrico de refrigeración G_{REF} para una vivienda unifamiliar refrigerada, así como la verificación del cumplimiento de la exigencia de esta norma en cuanto a G_{REFadm} .

Referencias del proyecto:

Planta de referencia: Figura A3.1

Edificio, destino: Vivienda unifamiliar aislada.

Tipología: Duplex.

Altura interior media de locales: 2,60 m.

Ubicación: Posadas, Misiones.

Zona Bioclimática (IRAM 11603): Ib (Muy cálida húmeda)

TDMX= 35,6 °C

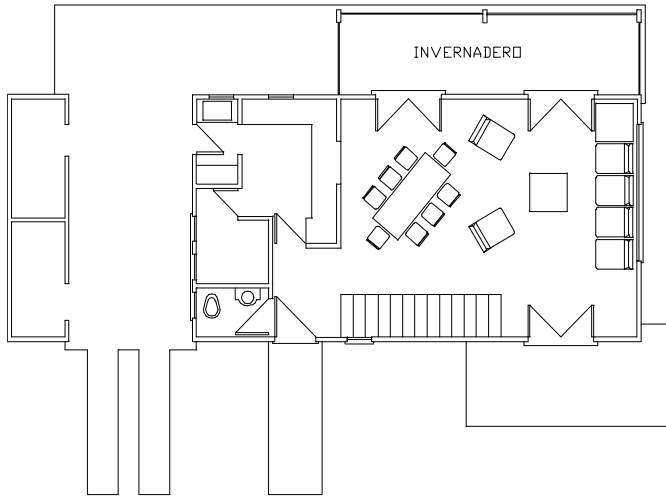
Tabla A3.1: Cerramientos utilizados.

Designación	Descripción	Espesor (m)	K (W/m ² K)
T1	Placa industrializada de base cementicia	0,015	-
	Aislación térmica (d = 0,022)	0,07	-
	Placa industrializada de base cementicia	0,015	0,29
	Terminación: cubierta de chapa color	-----	-
T2	Placa industrializada de base cementicia	0,015	-
	Aislación térmica (d = 0,022)	0,07	-
	Placa industrializada de base cementicia	0,015	0,29
T3	Piso cerámica esmaltada	0,015	-
	Contrapiso H° celular (r = 1000 kg/m ³)	0,08	-
	Aislación térmica (l = 0,035)	0,02	0,59

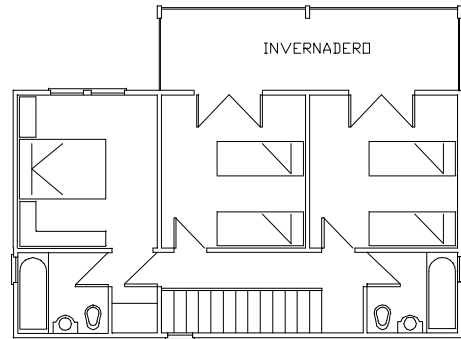
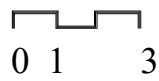
Tabla A3.2: Cerramientos utilizados.

Designación	Descripción	K (W/m ² K)
V1	Ventana corrediza, marco y hoja de aluminio anodizado. Doble vidriado hermético compuesto por 2 vidrios comunes incoloros de 3mm c/u y cámara de aire de 6 mm.	5,80
V2	Puerta ventana, marco y hoja de aluminio anodizado. Idem anterior.	5,80
V3	Ventana banderola, marco de aluminio anodizado. Idem anterior.	5,80
V4	Ventana banderola, marco de aluminio anodizado. Idem anterior.	5,80

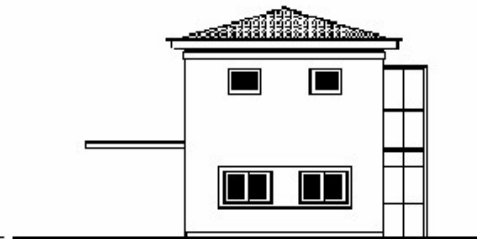
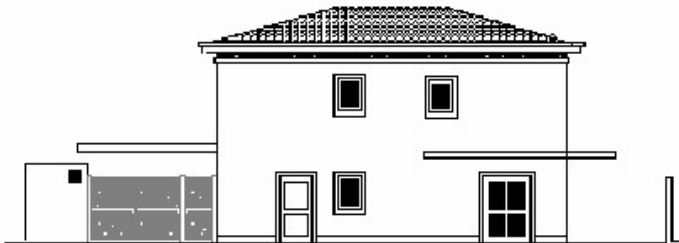
P1	Puerta de entrada de abrir, marco de aluminio anodizado y hoja madera maciza.	4,50
----	---	------



Planta baja.



Planta alta.



PLANILLAS DE CÁLCULO

DATOS GENERALES DEL LOCAL					
Localidad	Posadas		Zona bioambiental	Ib (muy cálido húmedo)	
Provincia	Misiones		ASNM en metros	133	
Longitud	10,5	m	Temperatura interior - TDi	26	°C
Ancho	6	m	Humedad interior - HRDi	50	%
Altura	2,6	m	Temperatura Exterior - TDMX	35,6	°C
Superficie	114,40	m ²	Humedad exterior - HRDe	40	%
Volumen	294,44	m ³	$\Delta t = (TDMX - TDi)$	9,6	°C
Humedad absoluta exterior - We	14,8	gr/Kg	Entalpía aire exterior - he	17,7	Kcal/Kg
Humedad absoluta interior - Wi	10,6	gr/Kg	Entalpía aire interior - hi	12,7	Kcal/Kg
$\Delta W = (We - Wi)$	4,2	gr/Kg	$\Delta h = (he - hi)$	5	Kcal/Kg

GANANCIAS POR CONDUCCIÓN - Q_c					
Nº	Designación y material	área total m ²	K W/m ² .K	Δt °C	q_c W
1	T1	114,96	1,10	9,60	1214
2	T2	71,50	1,10	9,60	755
3	T3	25,20	0,45	9,60	109
4	V1	2,40	5,80	9,60	134
5	V2	2,80	5,80	9,60	156
6	V3	1,40	5,80	9,60	78
7	V4	3,60	5,80	9,60	200
8	P1	3,60	4,50	9,60	156
9					
10					
GANANCIA DE CALOR TOTAL POR CONDUCCIÓN Q_c (i)					2801

GANANCIA SOLAR - Q_s

GANANCIA SOLAR - Q_s					
Paredes y techos son despreciados frente a otras cargas mayores como las superficies vidriadas. I_s (W/m ²) es la irradiación solar sobre el plano. Fps es el factor de protección solar					
Nº	Designación, material y orientación.	Sup. m ²	I_s W/m ²	Fps	q_s W
1	V1 x 1 Norte	1,20	312	0,30	112
2	V1 x 2 Este	2,40	276	0,30	199
3	V2 x 4 Norte	11,20	312	0,30	1048
4	V2 x 1 Sur	2,80	276	0,30	232
5	V3 x 2 Norte	0,96	312	0,86	258
6	V3 x 3 Sur	1,44	276	0,86	342
7	V4 x 4 Oeste	2,40	371	0,86	766
8	V4 x 2 Este	1,20	276	0,86	285
9					
10					
GANANCIA DE CALOR SOLAR Q_s (ii)					3242
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO $iii = i + ii$					6043

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR SENSIBLE - $Q_{osensible}$				
Nº	Calor interno (personas + iluminación + equipos)	cantidad	Factor	q_o W
1	Personas	7	47	329
2	Televisor	3	300	900
3	PC	2	300	600
4	Heladera	1	360	360
5	Anafe 4 hornallas	1	977	977
6	Horno	1	1326	1326
7	Equipo Audio	1	150	150
8	Impresora	1	35	35
9	Iluminación artificial (50% incand y 50% bajo consumo)	114,4 m ²	17,5	2004
10				
iv) Subtotal de calor interno				6680

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR SENSIBLE - $Q_{osensible}$	
Ganancia de calor en conductos $v = (iv + iii) \times 0,04$	509
TOTAL DE CALOR SENSIBLE INTERNO $vi = v + iv$	7189

CAR= Cantidad personas x caudal aire [m³/h /pers]

$$= \underline{\quad 7 \quad} \text{ personas} \times \underline{\quad 15 \quad} \text{ m}^3/\text{h/pers} = \underline{\quad 105 \quad} \text{ m}^3/\text{h}$$

vii) CALOR SENSIBLE DEL AIRE EXTERIOR= CAR x 0,29 x Δt

$$CSA_{ext} = \underline{\quad 105 \quad} \text{ m}^3/\text{h} \times 0,29 \times \underline{\quad 9,6 \quad} ^\circ\text{C} = 292$$

CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE		W
Calor Sensible Externo (iii)		6043
Calor Sensible Interno (vi)		7189
Calor Sensible del Aire exterior (vii)		292
TOTAL = iii + vi + vii		13524

GANANCIA POR OCUPACIÓN CALOR LATENTE - $Q_{o\text{latente}}$				
Nº	Calor interno (personas + equipos)	cantidad	Factor	q_o W
1	Personas	7	39	273
2	Anafe 4 hornallas	1	267	267
3	Horno	1	1326	1326
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
TOTAL DE CALOR LATENTE INTERNO ix)				1866

x) CALOR LATENTE DEL AIRE EXTERIOR= CAR x 0,72 x Δh

$$CLA_{ext} = \underline{\quad 105 \quad} \text{ m}^3/\text{h} \times 0,72 \times \underline{\quad 5 \quad} \text{ Kcal/kg} \times 1,16 = 438$$

x) CALOR LATENTE DEL AIRE EXTERIOR= CAR x 0,72 x Δh		
CLAext = <u>105</u> m ³ /h x 0,72 x <u>5</u> Kcal/kg x 1,16 =		438
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE		W
Calor Latente Interno (ix)		1866
Calor Latente aire exterior (x)		438
TOTAL xi = ix + x		2304

CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN		
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE	13524	W
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE	2304	W
TOTAL	15828	W
TOTAL en Tn refrigeración = Total x 0,000284	3,9	Tn

Coefficiente volumétrico de refrigeración (G_{REF})		
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN	3,9	Tn
Volumen total a refrigerar	294,44	m ³
Coefficiente volumétrico de refrigeración G _{REF}	0,013	Tn/m ³
Coefficiente volumétrico admisible refrigeración G _{REFadm}	????	Tn/m ³

Ganancia calor	W	%	Posibilidad de reducción carga térmica
Calor sensible externo	6043	38,2	Si mejorando la aislación en envolvente + protección solar
Calor sensible interno	7189	45,4	Si, mejora sistema iluminación.
Calor sensible aire exterior	292	1,8	No
Calor latente interno	1866	11,8	No
Calor latente externo	438	2,8	No
TOTAL	15828	100	

Con este cuadro síntesis puede revisarse el balance térmico para ver donde pueden aplicarse medidas de Ahorro de energía y URE tendentes a reducir las necesidades de refrigeración.

ANEXO D: VALORES ADMISIBLES DE CARGA TÉRMICA EN REFRIGERACIÓN

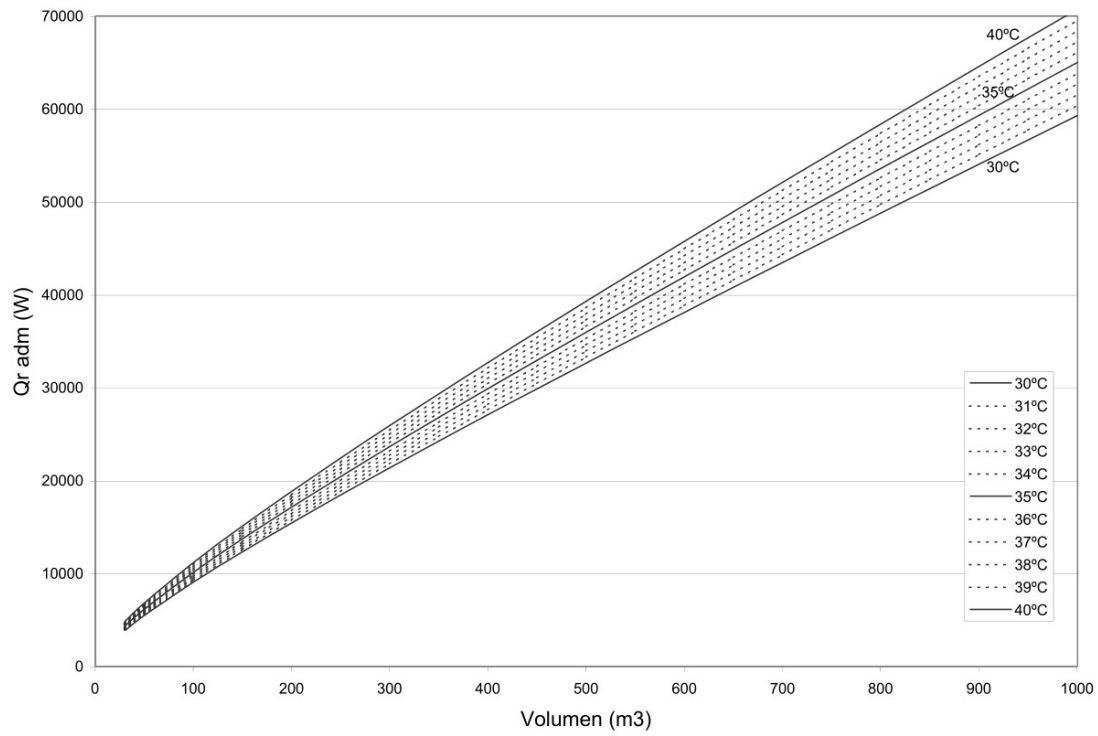


Figura 2: Valores admisibles de Q_{ref} para localidades con temp de diseño entre 30 y 40°C. Fuente: Propia

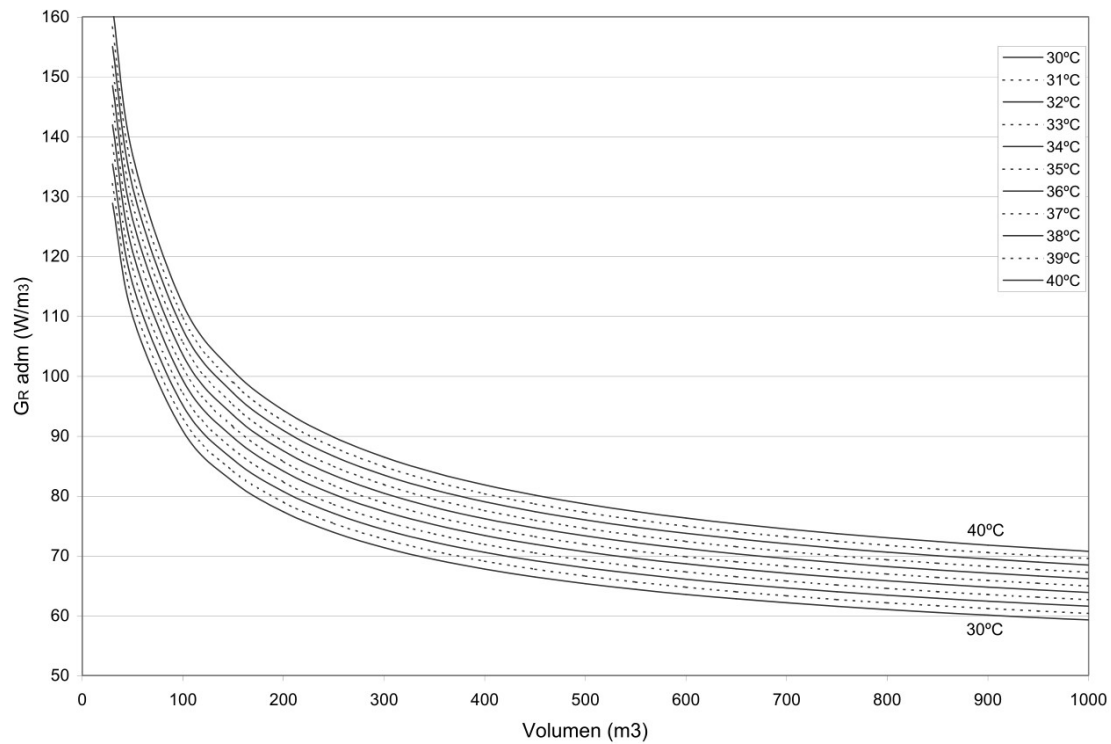


Figura 3: Valores admisibles de G_{ref} para localidades con temp de diseño entre 30 y 40°C Fuente: Propia

Valores admisibles Gref para edificio tipo placa.

Volumen 30°C 31°C 32°C 33°C 34°C 35°C 36°C 37°C 38°C 39°C 40°C

1000	20.83	21.86	22.88	23.93	24.98	23.60	27.13	28.24	29.33	30.46	31.59
1440	19.33	20.26	21.19	22.15	23.10	23.70	25.07	26.09	27.10	28.14	29.18
2000	18.43	19.30	20.17	21.08	21.98	22.30	23.84	24.80	25.75	26.74	27.73
2500	17.81	18.64	19.47	20.34	21.20	21.34	22.99	23.91	24.83	25.79	26.74
3000	17.35	18.15	18.95	19.79	20.62	20.63	22.35	23.25	24.15	25.08	26.00
3500	16.99	17.77	18.55	19.36	20.17	20.07	21.86	22.74	23.61	24.52	25.43
4000	16.69	17.46	18.22	19.02	19.81	19.62	21.46	22.32	23.18	24.07	24.96
4500	16.45	17.20	17.95	18.73	19.51	19.24	21.13	21.98	22.82	23.70	24.58
5000	16.24	16.98	17.71	18.48	19.25	18.93	20.85	21.69	22.52	23.39	24.25
5500	16.07	16.79	17.51	18.27	19.03	18.65	20.61	21.43	22.26	23.11	23.97
6000	15.91	16.63	17.34	18.09	18.84	18.42	20.40	21.21	22.03	22.88	23.72
6500	15.77	16.48	17.19	17.93	18.67	18.21	20.21	21.02	21.82	22.67	23.51
7000	15.65	16.35	17.05	17.78	18.51	18.02	20.05	20.85	21.64	22.48	23.31
7500	15.54	16.23	16.92	17.65	18.38	17.85	19.90	20.69	21.48	22.31	23.14
8000	15.44	16.13	16.81	17.53	18.25	17.70	19.76	20.55	21.34	22.16	22.98
8500	15.35	16.03	16.71	17.43	18.14	17.56	19.64	20.42	21.20	22.02	22.84
9000	15.27	15.94	16.62	17.33	18.04	17.43	19.52	20.30	21.08	21.89	22.70
9500	15.19	15.86	16.53	17.24	17.94	17.31	19.42	20.19	20.97	21.78	22.58
10000	15.12	15.78	16.45	17.15	17.85	17.20	19.32	20.09	20.86	21.67	22.47

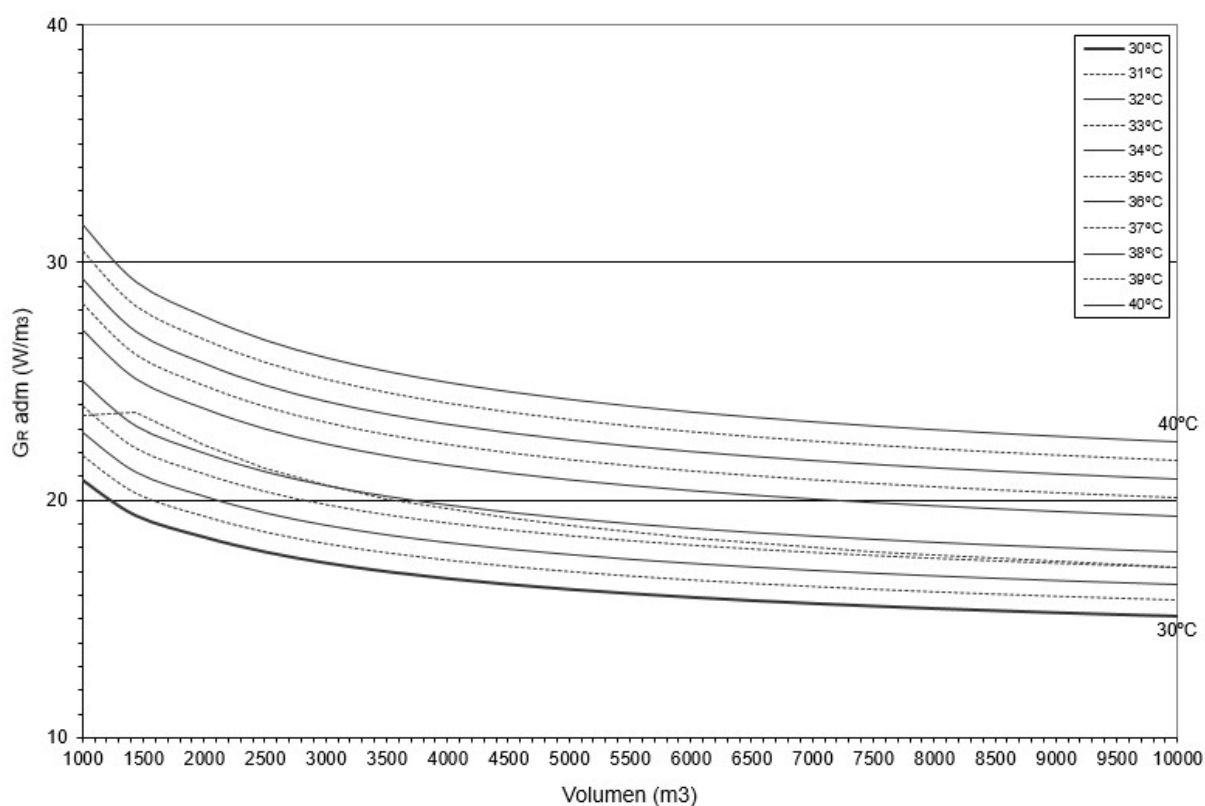


Figura 4: Valores admisibles de Gref (W/m³K) para edificio Tipo Placa. Fuente: Propia.

Valores admisibles Qref para edificio tipo placa

Volumen 30°C 31°C 32°C 33°C 34°C 35°C 36°C 37°C 38°C 39°C 40°C

1000	20826	21856	22878	23932	24980	23598	27132	28236	29334	30463	31586
1500	28996	30394	31784	33224	34655	35555	37609	39131	40645	42209	43764
2000	36860	38609	40348	42154	43951	44605	47672	49595	51508	53490	55461
2500	44522	46609	48685	50847	52999	53349	57463	59776	62078	64467	66844
3000	52040	54457	56862	59372	61869	61877	67062	69757	72440	75227	78003
3500	59449	62190	64917	67768	70606	70241	76514	79585	82643	85825	88993
4000	66773	69831	72876	76063	79236	78474	85851	89294	92722	96293	99849
4500	74025	77398	80757	84275	87779	86601	95093	98903	102699	106654	110595
5000	81219	84903	88571	92418	96250	94639	104257	108431	112590	116928	121250
5500	88362	92354	96329	100502	104659	102601	113352	117888	122408	127125	131826
6000	95462	99759	104039	108535	113015	110497	122389	127284	132163	137257	142335
6500	102524	107123	111706	116523	121323	118336	131375	136627	141862	147332	152784
7000	109551	114452	119335	124471	129589	126123	140315	145923	151512	157356	163181
7500	116549	121749	126930	132384	137818	133865	149215	155176	161119	167334	173530
8000	123519	129016	134494	140264	146014	141565	158078	164391	170685	177271	183837
8500	130464	136258	142031	148115	154179	149228	166907	173572	180216	187171	194105
9000	137386	143475	149543	155940	162316	156857	175706	182720	189714	197036	204338
9500	144288	150670	157031	163740	170427	164454	184478	191840	199181	206871	214539
10000	151171	157845	164498	171518	178515	172022	193223	200933	208621	216676	224709

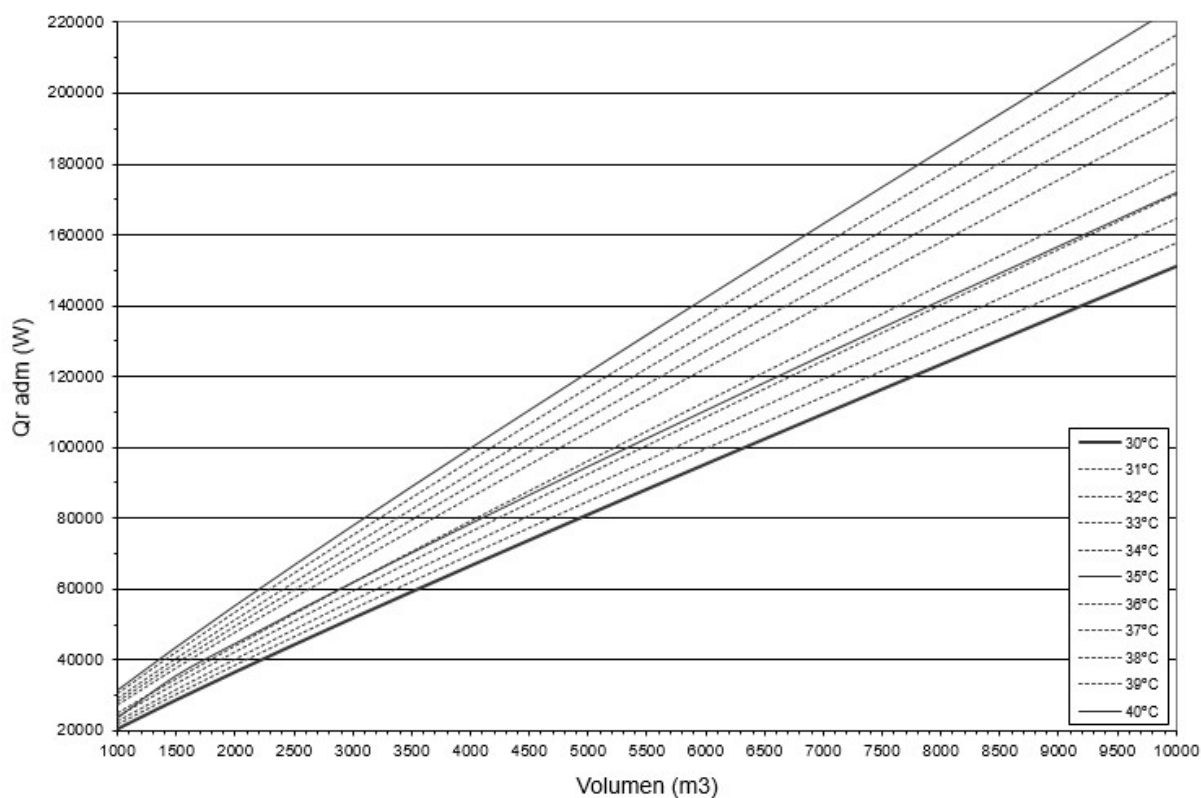


Figura 5: Valores admisibles de Qref (W) para edificio Tipo Placa. Fuente: Propia

ANEXO E:

BIBLIOGRAFÍA

En el estudio de este trabajo se han tenido en cuenta los antecedentes siguientes:

Proyecto de Investigación:

- **“Modelización ambiental edilicia -MAE. La transferencia como problema en la interacción Investigación-Medio”**. Director: Arq. Jorge Czajkowski, Codirector: Analía Gómez (UNLP – Universidad Nacional de La Plata). Proyecto Acreditado UNLP 11/U059, 2002/04.

Tablas de radiación solar realizadas con los siguientes programas:

- **“Radiac2 - Programa para el cálculo de la radiación horaria para cualquier plano y orientación”**. Arq. Jorge Czajkowski.
- **“Radextr - Cálculo de la radiación solar fuera de la atmósfera”**. Arq. Jorge Czajkowski.

Referencias bibliográficas:

- **“Solar heating and cooling”**. Kreider, J.F. y Kreith, F. (1975 – Edit. Mc Graw-Hill).
- **“Solar energy thermal processes”**. Duffie, J.A. y Beckman, W.A.. (1974 – Edit. Willey).
- **“Energía solar, edificación y clima”**. Yañez, G. (1984 - Edit. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, España).
- **“Instalaciones de aire acondicionado y calefacción”**. Quadri, N.P. (1993 - Edit. Alsina, Buenos Aires).
- **“Instalaciones térmicas. Aire Acondicionado III: Balance Térmico de Verano”**. Arq. Jorge Czajkowski. Arquinstal-CD. La Plata, 2002. [www.arquinstal.com.ar]
- **“Manual de Aire Acondicionado”**. Serrano, Jorge. Edit. JS. Buenos Aires, 2001.